

Method for device of carrier exalting and compensating in frequency spreading communication system

Bibliographic data	Original document	INPADOC legal status
Publication number: CN1175171 (A)		Also published as:
Publication date: 1998-03-04		CN1061205 (C)
Inventor(s): LIU HUI [CN]; XU GUANGHAN [CN]; LIU PING [CN]		
Applicant(s): BEIJING XINWEI COMMUNICATION T [CN]		
Classification: - international: H04Q7/20; H04Q7/20; (IPC1-7): H04Q7/20 - European:		
Application number: CN19971015151 19970724		
Priority number(s): CN19971015151 19970724		
View INPADOC patent family		
View list of citing documents		
Report a data error		

Abstract of CN 1175171 (A)

The present invention relates to a method for defining and tracking carrier shift in spread spectrum communication system and its equipment. It includes the following steps: firstly, using multiplier to remove carrier frequency from received digital spread-spectrum signal; then using spreading-removing device to remove PN code sequence; using carrier shift assessor to make conjugate multiplication of two elements with preset space in all sample pairs of digital spread-spectrum signals to obtain a series of results containing phase change; those results are processed by average and normalizing treatment to obtain carrier shift assessed, then making carrier recovery and regulation of transmission signal carrier frequency so as to make user terminal accurately and quickly track carrier frequency of base station. Its equipment is implemented

on PSP platform by means of software.

.....
Data supplied from the **esp@cenet** database — Worldwide



[12]发明专利申请公开说明书

[21]申请号 97115151.2

[43]公开日 1998年3月4日

[11]公开号 CN 1175171A

[22]申请日 97.7.24

[74]专利代理机构 邮电部专利服务中心

[71]申请人 北京信威通信技术有限公司
地址 100083北京市学院路40号
[72]发明人 刘 辉 徐广涵 刘 平

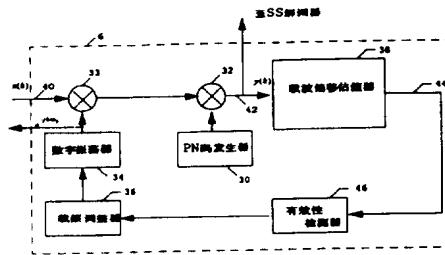
代理人 王丽琴

权利要求书 3 页 说明书 10 页 附图页数 4 页

[54]发明名称 扩频通信系统中载波恢复和补偿的方法
及其装置

[57]摘要

本发明涉及一种扩频通信系统中用于确定和跟踪载波偏移的方法及其装置。将接收到的数字扩频信号先利用乘法器去除载频，再利用解扩器去除PN码序列，由载波偏移估值器对数字扩频信号各样本对中具有预定间隔的两个元素作共轭相乘，获得一系列含有相位变化信息的结果，再对结果进行平均和作归一化处理，获得载波偏移估值，恢复载波并调整发射信号载频，使用户终端准确快速跟踪基站载频。装置是在DSP平台上用软件实现的，应用简化的算法及较少的存储单元获得精确的载波偏移估值。



权 利 要 求 书

1. 一种扩频通信系统中载波恢复和补偿的方法,无线基站向各用户终端发送含有用伪随机码调制的导引信号的训练序列,各用户终端对接收到的导引信号进行解调·采样及分组,形成码片速率的数字扩频信号,该数字扩频信号包括所需载波和残余载波,其特征在于包括下列步骤:

5 1.1 将解调后的含有接收端已知的载波及未知的载波偏移的数字扩频信号 $x(k)$ 输入载波偏移估值装置中;

10 1.2 载波偏移估值装置利用第一乘法器去除数字扩频信号中的所需的已知载波频率;

15 1.3 载波偏移估值装置利用解扩器/第二乘法器去除数字扩频信号中的 PN 码序列,获得数字扩频信号 $y(k)$;

20 1.4 载波偏移估值装置利用载波偏移估值器对载波偏移进行估计获得载波偏移估值;

25 1.5 载波偏移估值装置利用有效性检测器对载波偏移估值的有效性作出检测;

15 1.6 若载波偏移估值有效,载波偏移估值装置利用载波调整器进一步调整所需的已知载频。

2. 一种扩频通信系统中载波恢复和补偿的装置,连接在扩频通信系统中射频接收通道的数字扩频信号输出端及扩频解调器的输入端间,并向定时恢复模块输出载波偏移估计值和向扩频通信系统中发射通道的混频器输送包括所需载频及载频偏移估值的总载频,其特征在于:

25 所述载波恢复及补偿的装置包括用于去除已知载频的第一乘法器,用于去除 PN 码序列的解扩器/第二乘法器,对训练周期的载频偏差作出估计的载波偏移估值器,检测载波偏移估值有效性的有效性检测器,对所需载频进行更新的载频调整器和向第一乘法器输送所需载频的数字振荡器;

30 第一乘法器的一个输入端接所述的数字扩频信号 $x(k)$,第一乘法器的另一个输入端接数字振荡器输出,第一乘法器输出接解扩器/第二乘法器的一个输入端,PN 码发生器输出接解扩器/第二乘法器的另一个输入端,解扩器/第二乘法器输出 $y(k)$ 接所述的扩频解调器和接载波偏移估值器输入端,载波偏移估值器输出端接有效性检测器输入端,有效性检测器输出端接载频调整器输入端,载频调整器输出端接数字振荡器控制端,所述的数字振荡器还输出包含载波偏移估计值的总载频。

35 3., 根据权利要求 1 所述的一种扩频通信系统中载波恢复和补偿的方法,其特征在于所述的利用载波偏移估值器对载波偏移进行估计包括:

35 3.1 对一组解调后的数字信号 $y(k)$ 按选定的取样长度 N 取样并进行分对,每一样本对中含有两个元素,每个元素是取不同 k 值的 $y(k)$ 之值;

- 3.2 分别计算出每一样本对元素所含的相位变化信息的结果,获得一系列估
值的结果;
- 3.3 计算所得到的一系列估值的平均值;
- 3.4 对一系列估值的平均值作归一化处理,获得载波偏移估值。
- 5 4. 根据权利要求 3 所述的一种扩频通信系统中载波恢复和补偿的方法,
其特征在于:
- 所述的样本对中,每一样本对中的 k 值是相邻的,某一对与其相邻对的 k 值
是重复出现的。
- 10 5. 根据权利要求 3 所述的一种扩频通信系统中载波恢复和补偿的方法,
其特征在于:
- 所述的样本对中,每一样本对中的两个 k 值均具有预定的 L 片间隔,各样本
对中两元素的 k 值分别相邻。
6. 根据权利要求 3 所述的一种扩频通信系统中载波恢复和补偿的方法,
其特征在于:
- 15 所述的样本对中,每一样本对中的 k 值具有不等间隔,各样本对中第一元素
的 k 值相邻。
7. 根据权利要求 3 所述的一种扩频通信系统中载波恢复和补偿的方法,
其特征在于:
- 20 所述的归一化处理是对具有预定 L 码片间隔或 L 取样间隔的 $y(k)$ 按选定的
取样长度 N 作除法处理。
8. 根据权利要求 1 所述的一种扩频通信系统中载波恢复和补偿的方法,
其特征在于:
- 25 所述的对载波偏移估值的有效性作出检测是将当前的载频偏移估值与以
前的载频偏移估值进行比较,排除相对变化超过门限的估值,第一个载频偏移
估值为整个解调后的基带载频。
9. 根据权利要求 1 所述的一种扩频通信系统中载波恢复和补偿的方法,
其特征在于:
- 30 所述的对载波偏移估值的有效性作出检测是将载波偏移估值序列通过低
通有限冲击响应滤波器,对变化大的估值进行平滑处理。
10. 根据权利要求 1 所述的一种扩频通信系统中载波恢复和补偿的方法,
其特征在于:
- 所述的对载波偏移估值的有效性作出检测是先对解调后的数字扩频信号
在频域中进行富里叶变换,获得载频偏差的参考估值,将不在预定的载频偏差
参考估值范围内的载频偏移估值去除。
- 35 11. 根据权利要求 1 所述的一种扩频通信系统中载波恢复和补偿的方法,
其特征在于:

所述的对载波偏移估值的有效性作出检测是先对解调后的数字扩频信号进行信噪比检测,去除信噪比低于预定门限值的载频偏移估值。

12. 根据权利要求 1 所述的一种扩频通信系统中载波恢复和补偿的方法,其特征在于:

5 所述的调整所需的已知载波频率是将所需载频值修改为原所需载频值与载频偏移估值的相加值。

13. 根据权利要求 1 所述的一种扩频通信系统中载波恢复和补偿的方法,其特征在于:

所述的调整所需的已知载波频率是计算载频偏差估计的可信度。

10 14. 根据权利要求 2 所述的一种扩频通信系统中载波恢复和补偿的装置,其特征在于:

15 所述的载波偏移估值器包括对串行的解调后的信号 $y(k)$ 进行分配的开关、存储解调后的数字信号样本对中第一个元素 $y(k1)$ 值的第一寄存器、存储解调后的数字信号样本对中第二个元素 $y(k2)$ 值的第二寄存器、对第一、第二寄存器中的元素作除法运算从而产生包含相位变化信息结果的除法器、对除法器的各样本对的相位变化信息的结果进行平均运算的均衡器和对均值作归一化处理的归一化处理器,归一化处理器输出载频偏移估值。

15. 根据权利要求 2 所述的一种扩频通信系统中载波恢复和补偿的装置,其特征在于:

20 所述的载频偏移估值器由一个或一个以上的数据信号处理器与一个或一个以上的相应存储器,可编程 CPU 微控制器或可编程逻辑器件组成。

说 明 书

扩频通信系统中载波恢复和补偿的方法及其装置

5 本发明涉及一种在模拟载波频率上采用数字调制方式的无线通信系统中，载波恢复及补偿的技术。

在直接序列扩频无线通信系统中，每个数字信息符号都用收发双方已知的伪随机码序列扩展为多元码片，然后用数字调制方式(如相移键控 PSK 或 QAM)调制到模拟载波上，最后通过上变频器转换为调制后的射频信号进行发射。

10 在接收端，接收到的射频调制信号通过下变频器转换为中频调制信号，再进行解调和使用已知的伪随机码序列解扩，以期恢复信息符号。

理想情况下，接收机可以利用相同的伪随机码序列对下变频接收信号进行解扩以去掉其中的伪随机码序列从而恢复发送的信息符号，但在实际系统中，由于发射机与接收机使用完全独立的主时钟，必然存在一个频率差，导致在解扩时不可能实现准确的载波恢复，其具体表现是在用模拟乘法器作数字解调的第一步骤中，经处理后的基带信号中保留有残余载波分量。由于收信与发信两端的主时钟是独立变化的，故此残余载波分量也是变化的，等于收发信载波的频率差。

20 为解决此问题，在数字解调器中必须进行载波恢复。传统的载波恢复方法采用模拟锁相环电路。其优点是技术成熟，缺点是性能与捕捉带宽难以兼顾，对载波的抖动比较敏感，此外还有硬件电路复杂方面的问题。

美国专利 US5303257(DSSS 通信系统中的载波校正，1994 年 4 月)提出了一种数字载频校正方法，这一方法通过计算多组频率接收信号的能量从而得到载波偏移的粗略估值。由于其载波估计精度取决于参与计算的频率的数目，因此，即使在没有噪声及干扰的情况下，也不能保证有最佳的载波补偿。

25 本发明的目的是提出一种扩频通信系统中实现载波恢复和补偿的方法并设计出其实现的装置，以期在不降低扩频通信系统性能的前提下，应用简单的算法来获得精确载波频率偏差，实现载波恢复，并对发射信号的载波频率进行补偿。

30 本发明有目的是这样实现的，扩频通信系统中载波恢复和补偿的方法，由无线基站向各用户终端发送含有用伪随机码调制的导引信号的训练序列，各用户终端对接收到的导引信号进行解调、采样及分组，形成码片速率的数字扩频信号，该数字扩频信号包括所需载波和残余载波，其特征在于包括下列步骤：

35 1. 将解调后的含有接收端已知的载波及未知的载波偏移的数字扩频信号 $x(k)$ 输入载波偏移估值装置中；

2. 载波偏移估值装置利用第一乘法器去除数字扩频信号中的接收端已知的载波频率;
3. 载波偏移估值装置利用解扩器/第二乘法器去除数字扩频信号中的 PN 码序列, 获得数字扩频信号 $y(k)$;
- 5 4. 载波偏移估值装置利用载波偏移估值器对载波偏移进行估计获得载波偏移估值;
- 5 5. 载波偏移估值装置利用有效性检测器对载波偏移估值的有效性作出检测;
6. 若载波偏移估值有效, 载波偏移估值装置利用载波调整器进一步调整所需的已知载频。
- 10 扩频通信系统中载波恢复和补偿的装置, 连接在扩频通信系统中射频接收通道的数字扩频信号输出端及扩频解调器的输入端间, 并向定时恢复模块输出载波偏移估计值和向扩频通信系统中发射通道的混频器输送包括所需载频及载频偏移估值的总载频, 其特征在于:
- 15 所述载波恢复及补偿的装置包括用于去除已知载频的第一乘法器, 用于去除 PN 码序列的解扩器/第二乘法器, 对训练周期的载频偏差作出估计的载波偏移估值器, 检测载波偏移估值有效性的有效性检测器, 对所需载频进行更新的载频调整器和向第一乘法器输送所需载频的数字振荡器;
- 20 第一乘法器的一个输入端接所述的数字扩频信号 $x(k)$, 第一乘法器的另一个输入端接数字振荡器输出, 第一乘法器输出接解扩器/第二乘法器的一个输入端, PN 码发生器输出接解扩器/第二乘法器的另一个输入端, 解扩器/第二乘法器输出 $y(k)$ 接所述的扩频解调器和接载波偏移估值器输入端, 载波偏移估值器输出端接有效性检测器输入端, 有效性检测器输出端接载频调整器输入端, 载频调整器输出端接数字振荡器控制端, 所述的数字振荡器还输出载波偏移估计值和总载频。
- 25 所述的利用载波偏移估值器对载波偏移进行估计包括以下步骤:
1. 对一组解调后的数字信号 $y(k)$ 按选定的取样长度 N 取样并进行分对, 每一样本对中含有两个元素, 每个元素是取不同 k 值的 $y(k)$ 之值;
2. 分别计算出每一样本对元素所含的相位变化信息的结果, 获得一系列估值的结果;
- 30 3. 计算所得到的一系列估值的平均值;
4. 对一系列估值的平均值作归一化处理, 获得载波偏移估值。
- 所述的载波偏移估值器包括对串行的解调后的信号 $y(k)$ 进行分配的开关、存储解调后的数字信号样本对中第一个元素 $y(k1)$ 值的第一寄存器、存储解调后的数字信号样本对中第二个元素 $y(k2)$ 值的第二寄存器、对第一、第二寄存器中的元素作除法运算从而产生包含相位变化信息结果的除法器、对除法器的各样本对的相位变化信息的结果进行平均运算的均衡器和对均值作归一化

处理的归一化处理器,归一化处理器输出载频偏移估值。

本发明利用有限数目的样本

$$x(k), k=1, 2, \dots, K$$

对载频偏移进行估值。在用户终端的接收机内,用其本地时钟产生的本振频率补偿后,再进行扩频解调,去掉伪随机码序列,得到的基带信号为

$$y(k)=e^{jk(\delta \omega_0)}, \quad k=1, 2, \dots, K$$

将该解调后的信号输入到载波偏移估值器中,以确定未知的载波偏移。本发明先对此基带信号进行分对,分别计算出每对所包含的相位信息,然后进行平均以获得精确的载波偏移估值。上述每对含有两个元素,每个元素是取不同K值的y(k)之值,计算每对中两个

$$y(k), k=1, 2, \dots, K$$

元素之间的相位变化的方法是分别将每对中第一个元素乘以第二个元素的共轭数。这样,通过计算解调接收信号中所有可能组成对的子集信号,从而得到相位变化信息。

在一个装置中计算得到相邻y(k)对子集中的相位变化信息,在另一个装置中计算成对的解调信号y(k)中包含的相位变化信息,其中成对元素包含一个或多个事先约定好的L个码片或L个取样间隔中的元素。系统对得到的至少一个子集的结果进行平均,然后将平均值进行归一化,以得到载波偏移的估值。归一化采用一个或多个L码片或L取样间隔来进行。完成载波偏移估值后,系统根据此载波偏移估值来调整所需的载频,调整后的所需载频用于对经解调的接收到的数字扩频信号去除残余载波。

在用载波偏移估值调整所需载频前,必须首先检查载波偏移估值是否正确,只有在保证正确的条件下才能进行载波频率调整。此检查方法包括检查目前载波偏移估值相对于其它多个载波偏移估值的变化量,此变化量是否超过预定的门限;或者用对解调接收信号进行富里叶变换后得到的载波偏移来获得载波偏移估值的参考值,再将用本方法获得的载波偏移估值与此参考值进行比较,确定其偏差是否在预定的范围内。最后还要检查解调接收信号的信噪比(SNR),判定此SNR是否在预先设定的门限以下。

本发明在没有噪声的情况下可获得准确的载波偏移估值,与已有的方法相比,本发明方法的优点是:

利用解调后的接收信号的结构信息得到载频偏差的一个有效估计,而已有的方法是以增加计算量来实现高精度的,本方法的计算量是固定的,无精度或估计范围的限制;

采用有效性测试保证了可靠性,只采用有效的载频偏移估计对所需的载频进行自适应的调整,从而消除了恶性差错的可能性;

无存储要求，已有的方法必须确定足够的时间和存储空间来构造和存储间隔正弦单音的样本，随着精度要求的增加这将会变得十分困难，而本发明的估值方案，对存储空间及计算时间的要求都极小。

因此，算法简单、使用较少的存储单元、可靠性高是本发明的特点。

5 图 1.典型的扩频通信系统结构框图

图 2.本发明中载波偏移估值装置的结构框图

图 3.本发明中描述一个载波恢复估值过程的流程图

图 4.描述图 2 中载波偏移估值过程的流程图

图 5.本发明中载波偏移估值器装置的方框图

10 下面结合实施例及附图进一步说明本发明的技术

参见图 1,示出一个包含载波偏移估值装置 6 的典型扩频通信系统结构。主要包括用于发射或接收调制在模拟载频上的射频调制信号 (RF)的天线 10，由扩频调制器(SS)26、脉冲整形模块 22、混频器 64、定时调整器 18、及上变频器 14 组成的发射通道，和由下变频器 12、采样器 16、载波偏移估值装置 6、定时恢复模块 28 及扩频(SS)解调器 24 组成的接收通道。

扩频通信系统的发射·接收数据采用了时分双工(TDD)方式，即发射(TX)与接收(RX)在不同的时间帧中进行。

20 接收时，天线 10 输出的射频调制信号送给下变频器 12，下变频器将射频调制信号变成基带信号，即去除载频，将信息从模拟载频中解调出来并送采样器 16。采样器 16 完成两方面的工作，一是对收到的基带信号进行模数变换产生扩频数字信号，二是对收到的基带信号进行过采样，然后对样本进行抽取，产生码片速率信号 (chip rate signal)，因此采样器 16 向载波偏移估值装置 6 提供的信号 40 包括数字扩频信号和码片速率信号。采样器 16 从定时恢复模块 28 处获得的定时信号就是用于对样本进行抽取的，以便能正确地产生 25 码片速率信号。

如前所述，虽然下变频器的作用是将模拟载频从接收信号中去除，但由于发射、接收两个振荡器间的频差以及发射部分调制器的不准确，使基带信号 40 中还包括有未知的基带载频，载波偏移估值装置 6 就是对基带信号中的载频进行估计的(基带信号中的载频差值是随时间变化的，一般可认为是围绕一固定点而变化，该固定点又称作估值，指所需的载频值，因此基带载频可看作是所需的已知载频值与未知的载频偏差值之和，必须对载频偏差进行估计并进行补偿，才能实现准确的载波恢复)。

30 载波偏移估值装置 6 向扩频解调器 24 输出去除了所需的已知载频与载频偏差的信号，由扩频解调器 24 按传统方法作解调处理，即将远程终端发送的消息恢复出来，载波偏移估值装置 6 还同时向定时恢复模块 28 以及发射通道的混频器 64 输送总的载频估计值。

定时恢复模块 28 从载频偏移估值装置 6 接收载频估计值，同时接收采样器 16 的输出信号 40，定时恢复模块 28 根据载频偏移估值决定定时信号，在收信时向采样器 16 和在发信时向定时调整器 18 提供定时信号。

扩频调制器 26 按当前的通用技术对发向远端的消息数据进行调制，即将消息数据与一个伪噪声信号或扩频信号相调制。调制后信号送脉冲整形模块 22，将信号能量限定在预定带宽之中。整形后信号送混频器 64，混频器 64 对整形后的信号及总载频估计值(所需载频值和载频偏移估计值之和)进行混频，把信号调制到由载波偏移估值装置 6 得到的载频上，以便于用与振荡器的差值对发射信号进行预补偿。

混频器 64 输出接定时调整器 18，定时调整器 18 根据定时恢复模块 28 提供的定时信号对发射定时进行调节，得到基带信号送上变频器 14，上变频器 14 用模拟载频对基带信号进行调制，调制信号送天线 10 发射。在图 1 所示的技术方案中，由混频器 64 实现对消息信息的调制，扩频调制后的信号就带有所需的载频和载频偏差，而上变频器 14 进一步把基带消息信息与模拟载频调制，以进行发射。

综上所述，在初始的第一接收时帧期间，天线 10 接收信号，下变频器 12 将接收的信号从射频 RF 下变频到基带信号，采样器 16 将基带数据数字化产生数字扩频信号，由于在下变频之后基带信号依旧被已知的所需载频及未知的载频偏差所调制，因此要由载波偏移估值装置 6 对载频偏差进行估计，然后向定时恢复模块 28 及混频器 64 提供所需的载频值。

在第二个发射时帧期间，待发送的消息数据由扩频调制器 26 调制并进行脉冲整形，整形后信号送混频器 64，实现与载波偏移估值装置 6 输出载频的混频，混频后的信号送定时调整器 18，其输出的基带信号送上变频器 14，上变频器 14 将基带信号调制到模拟载频上，形成射频信号送天线发射。

通常，一个扩频通信系统均包含无线基站和与它通信的多个用户终端。任何用户的通信最初都从一个训练周期开始，实际的话音或消息数据紧随其后。在无线基站，发射用各个用户的 PN 序列(伪随机码)调制的导引信号，向各用户终端传输一个训练系列，给用户终端接收机提供载波参考值。用户终端的接收机对接收到的导引信号进行采样、抽取(分组)，形成码片速率的数字扩频信号。由于收发双方的时钟差异，此数字扩频信号中含有残余载波分量，或者说载波可以分解为所需的载波和残余载波两部分，可用数学公式将此数字扩频信号表达为：

$$x(k) = p(k)e^{jk(\omega_0 + \delta\omega_0)}$$

35

式中， $p(k)$ 表示 PN 码序列， ω_0 表示所需的载频值， $\delta\omega_0$ 表示待估计的

未知载波偏移估计值。载波偏移估值装置 6 就是要根据有限数量的数据样本 $x(k), k=1, \dots, K$, 对不希望的载频偏差进行估值和补偿。载波偏移估值装置 6 需要先从数字扩频信号 中去掉 PN 码序列, 然后对本地数字振荡器提供的所需载频进行补偿。即将解调后的接收信号 $y(k)=e^{jk(\delta\omega_0)}, k=1, \dots, K$, 输入到载波偏移估值器中, 以获得未知的载频偏差。

在本发明前, 对 $\delta\omega_0$ 估计的一般方法是将 $y(k)$ 与预存的紧密排列的正弦单音样本混频, 本发明的方法是计算出 $y(k), k=1, \dots, K$ 的相位变化信息, 以精确估计载频偏差。

本发明的载波偏移估值装置 6 可应用于包括扩频和非扩频的各种各样的通信系统中, 无论信息是调制在模拟载频或其他别的信号上, 均可对包含未知载频的基带信号进行分析, 对未知载频进行补偿。

载波偏移估值装置 6 可以有多种实现方式, 包括采用一个或多个可编程 CPU, 微控制器或其他可编程器件·分离的逻辑器件等, 也可采用一个或多个数字信号处理器(DSP)及一片或多片存储器。

参见图 2, 示出一个载波偏移估值装置 6 的实施结构。包括第一级乘法器(或称混频器)33、数字振荡器 34、PN 码发生器 30、载波偏移估值器 38、有效性检测器 46 和载频调整器 36。

输入的数字扩频(或非扩频)信号 40 $x(k)$ 中已经去掉了模拟射频载波频率, 但仍包含有所需的已知载频和未知的载频偏差。输入的 $x(k)$ 作为第一级乘法器 33 的一个输入信号, 数字振荡器 34 输出所需载频并作为第一级乘法器 33 的另一个输入信号, 第一级乘法器 33 将两信号混频, 完成了从输入的 $x(k)$ 中去掉所需载频的工作。

乘法器 33 的输出信号送第二级乘法器 32(或称解扩器), 乘法器 32 将输入信号与来自 PN 码发生器 30 的一个与之相同的 PN 码序列相乘, 进一步去除 PN 码序列, 因此第一、第二级乘法器 33、32 实现了从输入的 $x(k)$ 中去除所需载频及 PN 码序列的目的(非扩频方案中可省略第二级乘法器 32 及 PN 码发生器)。

解调后的接收信号 $y(k)$ 送往扩频解调器 24 和送载波偏移估值器 38, 在训练周期对载频偏差作出估计, 训练周期后的解调接收信号则送扩频解调器 24, 恢复发射的消息数据。载波偏移估值器 38 对解调后的接收信号 $y(k)$ 中的载频偏差作出准确的载频偏差估计而输出估计信号 44 至有效性检测器 46, 对估值的有效性进行测试, 该有效性测试是可选的, 也可省略不作。

估值是否达到更新所需载频的要求可以有多种检验方案, 用 $\delta\omega_0(n)$ 表示在第 n 个接收帧得到的载频偏差估计可以用当前的载频偏差估计与之前的载频偏移估计值比较, 由于实际载频的变化是缓慢的, 因此这种相对变化, 即 $[\delta\omega_0(n) - \delta\omega_0(n-k)], k=1, \dots, K$, 超过门限的任何估值都将被排除。还可以让载波

偏移估计序列通过低通有限冲击响应(FIR)滤波器，对变化大的估值进行平滑。也可以对解调后的接收信号在频域中进行富里叶变换(FFT)，先得到载频偏差的参考估值，如果载频偏差的参考估值不在载频偏移估值的预定范围内，则判定载频偏差值无效。还可以先对解调后的接收信号进行信噪比(SNR)检测，如果 SNR 低于预定的门限值，就判定载频估值无效。

有效性检测器 46 的输出送载频调整器 36，一旦证实载频偏差 $\delta \omega$ 为有效，载频调整器 36 就对所需载频值进行更新。更新的方案可以有多种，例如，载频调整器 36 只简单地把新的所需载频值修改为 $\omega_0(n) = \omega_0(n-1) + \delta \omega_0(n)$ 。又如，载频调整器 36 计算出附加的信息，即载频偏差估计的可信度，但减慢了对所需载频值的更新。数字振荡器 34 输出更新的所需载频 $e^{jk\omega_0}$ 至定时恢复模块 28 及混频器 64。

参见图 3 并结合参见图 1，图中示出载波偏移估值装置 6 的载频偏移估值过程。

步骤 102 为通信系统接收数字信号(在扩频通信系统中，接收的数字信号包括数字扩频信号)，用常规的方法，采用下变频器·采样器来获得数字扩频信号。步骤 104 为从接收信号中去除所需的载频，为了在数字信号中恢复未知的载频偏差，利用第一级乘法器首先解调或去除所需的载频。步骤 106 将 PN 码序列从扩频数字信号中去掉，由第二级乘法器完成。为了从接收的数字扩频信号中恢复未知的载频偏差首先要解调·去掉 PN 码序列及所需的载频。步骤 106 后，所获得的解调接收信号表示为 $y(k) = e^{jk(\delta \omega_0)}$, $k=1, \dots, K$ 。这些值送至载频偏移估值器 38，以决定未知的载频偏差，如果无载频偏差，信号 $y(k)$ 将仅包含直流分量。由于存在载频偏差，因此信号 $y(k)$ 含有一正弦信号。

步骤 108 为载频偏移估值，一种优选的方案是先得到很多解调接收信号对，再进行除法运算，从而产生一系列包含相位变化信息的结果，最后可选择地对结果进行平均、归一化处理，得到载频偏移估值。

步骤 110 完成载频偏移估值的有效性检测，评估估计值。

步骤 112，载频偏移估值有效，则对载频进行调整。因此用调整的所需载频对以后的信号解调时，只采用有效的载频偏差。

参见图 4，图 4 示出图 3 步骤 108 的载频偏移估值过程，也中图 2 中载波偏移估值器 38 的操作过程。

载波偏移估值器 38 接收解调后的接收信号 $y(k) = e^{jk(\delta \omega_0)}$, $k=1, \dots, K$ ，由其中的第一元素与第二元素共轭相乘，实现除法运算。

步骤 122，估值器 38 将解调后的接收信号分成成对信号，再成对计算相位变化。具体地说，每一对由两个不同 k 值的 $y(k)$ 组成，即每对含两个元素，每个元素是由不同 k 值形成的 $y(k)$ 。解调接收信号每对元素的相除也就是除以不同的 $y(k)$ 值，从而计算出每一对中包含相位变化信息的结果。本方法至

少要对总的可能对集中的一个子集的解调接收信号对中的两元素作相除。

相除的技术方案可以有多种，其中第一种方案是：除法是在 $y(k)$ 的邻近值对构成的至少一个子集中进行，即由 $y(k)$ 相邻的值构成，如 $\{y(1), y(2)\}, \{y(2), y(3)\}, \{y(3), y(4)\}$ 等等，即在所述的样本对中，每一对中的 k 值是相邻的，某一对与其相邻对的 k 值是重复出现的。

第二种方案是：除法是在解调接收信号的至少一个子集对中进行的，其中各对的元素间具有预定的 L 片间隔。这种方案的一个例子是这样的一个对系列，即 $\{y(1), y(4)\}, \{y(2), y(5)\}, \{y(3), y(6)\}$ 等等，即在所述的样本对中，每一样本对中的两个 k 值均具有预定的 L 片间隔，各样本对中两元素的 k 值分别相邻。

第三种方案是：除法运算至少在解调接收信号的这样一个子集中进行，其中各对元素间隔为两个或两个以上不等的预定 L 片间隔。这种方案的一个对

系列如 $\{y(1), y(2)\}, \{y(2), y(3)\}, \{y(3), y(6)\}, \{y(4), y(7)\}$ 等等，即在所述的样本对中，每一对中的 k 值具有不等间隔，各分对中第一元素的 k 值相邻，在这种方案中，要求对这种不同预定片间隔的每个对群进行归一化。

步骤 122 完成除法运算后，步骤 124 计算包含相位变化信息结果的至少一个子集的平均值，从而计算出载频偏差估计值。其中一种优选的方案要使用所有计算出的结果，另一种方案则使用这些结果的一个子集，例如，一个或多个最高和最低的结果被丢弃，剩下的结果用于平均处理。

在步骤 126，如果需要，可对平均值进行归一化，从而计算出载频偏差。采用一个和多个在除法处理中使用的 L 片间隔进行归一化。第一种方案是除法处理只采用 $y(k)$ 的邻近对进行， L 片间隔为 1，这时就不需要归一化。第二种方案是对只有单一预定 L 片间隔的 $y(k)$ 对进行除法处理，要用 L 因子补偿 L 片间隔，进行归一化处理。

如上所述，在除法运算中对 $y(k)$ 的具有不等间隔（一个或多个预定 L 片间隔）的一个对子集进行处理时，归一化处理要针对各个采用不同预定间隔（一个或多个 L 片间隔）的群进行处理。并且，这种归一化处理要在平均处理之前进行。另一方面，系统可以先对采用不同预定片间隔的各个群计算出一个或多个平均值。紧接着，由各个相应的预定片间隔对各个平均值进行归一化。这种归一化处理产生一个或多个归一化的平均值。然后系统再对一个或多个归一化平均值进行平均，计算出载频偏差估计值。

在非扩频方案中，除法运算包含对解调后的接收信号对集中的至少一个子集进行，其中每对元素间的距离为一个或多个不等的预定时间间隔。也可采用与以上描述相似的方法，其中一个或多个不等的 L 片间隔可用一个或多个不等的时间间隔替代。

图 4 流程图中，把所需的载频初始值设为 0，第一个载频偏移估计取整个

基带载频，在第二次运算中，初始载频偏移估计就被用作所需的载频值，并且基于这个所需的载频值确定新的偏差。在以后的运算中，组合的所需载频和载频偏移估计被用作下一次的所需载频值。流程就这样顺序进行，即基于新的偏移估计对所需的载频进行调整，以便在此后的接收、发射处理中对频率进行补偿。

参见图 5，为载频偏移估计器 38 的实施例，解调后的信号 $42(y(k))$ 被串行地送给开关 50，并被分配给第一寄存器 52 和第二寄存器 54，分别存储具有间隔 L 的解调接收信号对的元素，寄存器 52 存储 $y(k1)$ 值，寄存器 54 存储 $y(k2)$ 值。

除法器 56 与第一、第二寄存器 52、54 相接，实现由存储在第二寄存器中的元素除以存储在第一寄存器中的元素的运算，从而产生包含相位变化信息的结果。均衡器 58 与除法器 56 相接，对其结果进行平均，从而计算出载频偏移估计。最后，归一化处理器 60 与均衡器 58 相连，将均值与选定的取样长度 N 相除，实现对均值的归一化，即得到载频偏差估计。

对时间间隔为 L 片的样本的缓冲，只需 L 长度的寄存器。可按需采用均衡器 58，因而就不需要进行存储。本发明的独到之处是用最小的采样存储和最小的计算量获得高精度的载频偏差估计。

理想情况下，解调后的接收信号是简单的单音信号，即暗示任何一个样本对中包含有足够的载频偏差信息。然而在实际使用中，由于噪声及其他干扰不可避免，因而要采用很多 L 片或时间间隔可能不等的样本对。使用大量的样本对以及随后的平均、归一化，目的是消除噪声和干扰。

综上所述，估值过程包括：

对具有预定时间间隔 L 的大量样本对作除法或作共轭相乘，得到包含相位变化信息的一系列结果，其中 $n(k)$ 代表干扰项，

$$Z(k) = \frac{y(k+L)}{y(k)} = e^{jL\delta w_0} + n(k), \quad \text{或者 } z(k) = y(k+L) * y^*(k) = e^{jL\delta w_0} + n(k);$$

计算所得到的一系列估值的均值 $\bar{z} = \frac{1}{N-L} \sum_{k=1}^{N-L} z(k) ;$

把采用因子 L 的归一化平均相位作为载频偏差的估值。

有的方案中， L 可简单地选为 1，即在计算中只用到相邻元素，载频偏差的估计不需要归一化就能完成。另一方案中，具有一个或多个预定片间隔的解调后的接收信号对被首先相除，产生一系列包含相位变化信息的结果。每种结果用与其对应的间隔进行归一化，产生一系列的归一化结果，最后对这些归一化结果进行平均，即得到载频偏差估计。还有的方案中，具有一个或

多个的预定片间隔的解调后的接收信号对被首先相除，产生一系列包含相位变化信息的结果，然后具有相同间隔的每个结果子集被分别平均，再采用与它们对应的间隔进行归一化，得到一系列的归一化值，对这些归一化结果进行平均，即得到载频偏差估计。

5 显然，在每种方案中，进行估计的计算是固定不变的，因此载频偏差估计的精度没有限制。但它的准确性、成本与已有的方法相比明显具有优势。优选的方案中 L 不选择 1，其原因是：把相位差从 $\delta \omega_0$ 增加到 $L \delta \omega_0$ ，使得 z 的相位更容易检测到，从而能对真实的载频偏差 $\delta \omega_0$ 进行更准确的估计；此外，相位的增大也增加了抗干扰能力，因而估计更可靠。

说 明 书 附 图

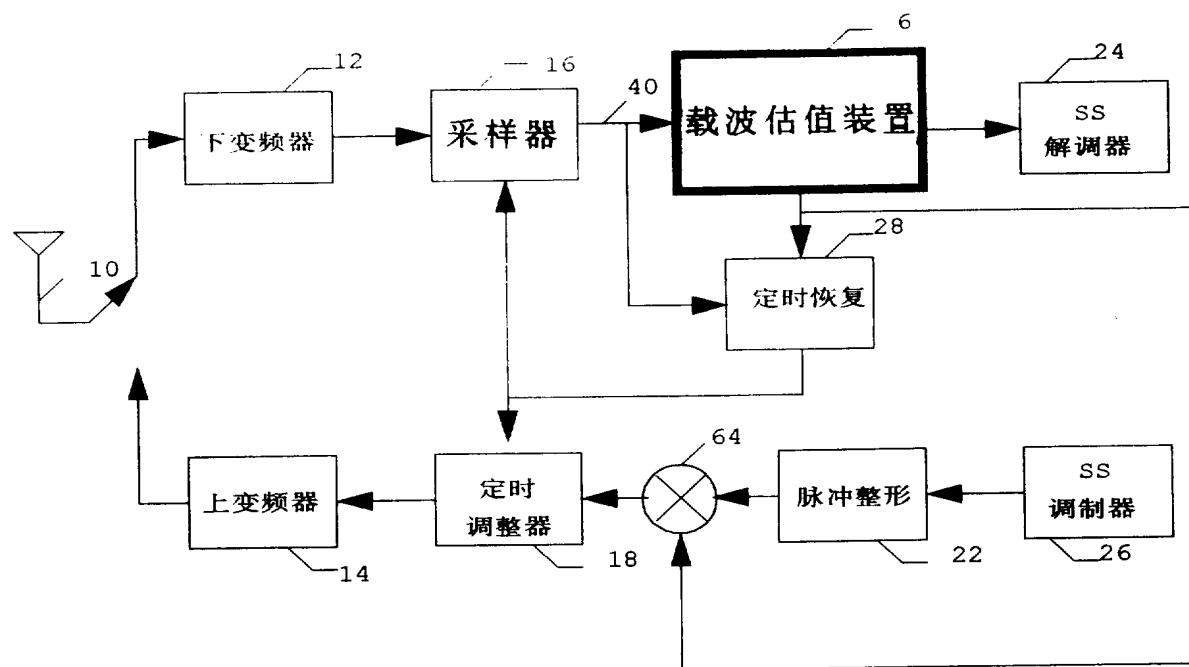


图 1

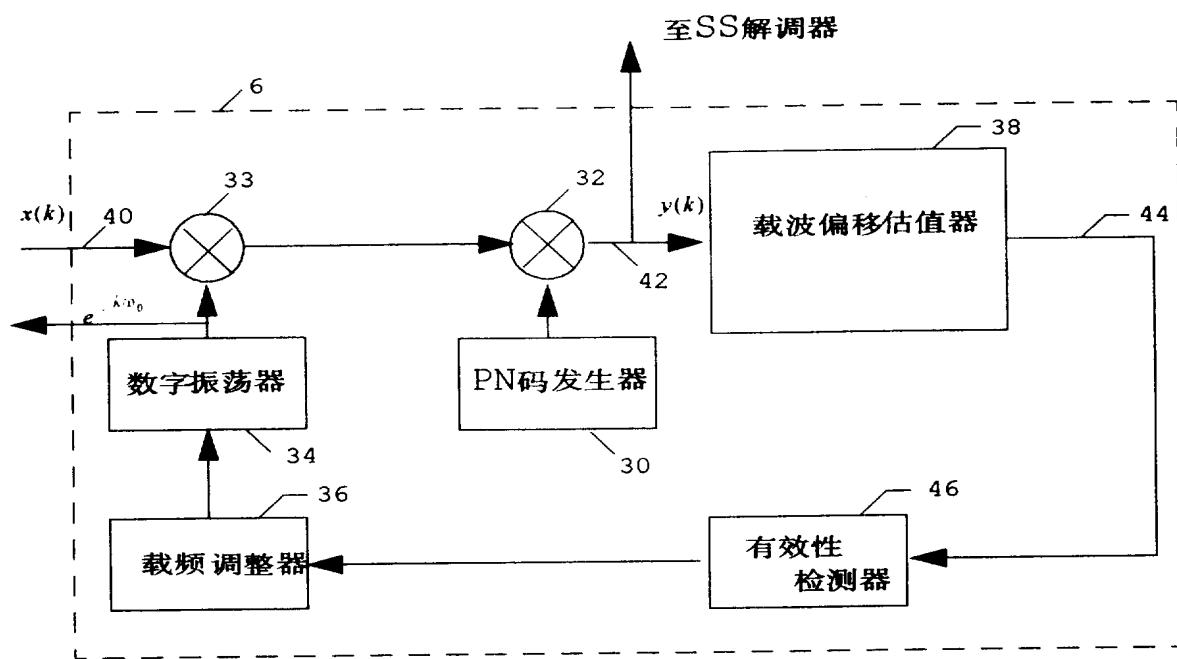


图 2

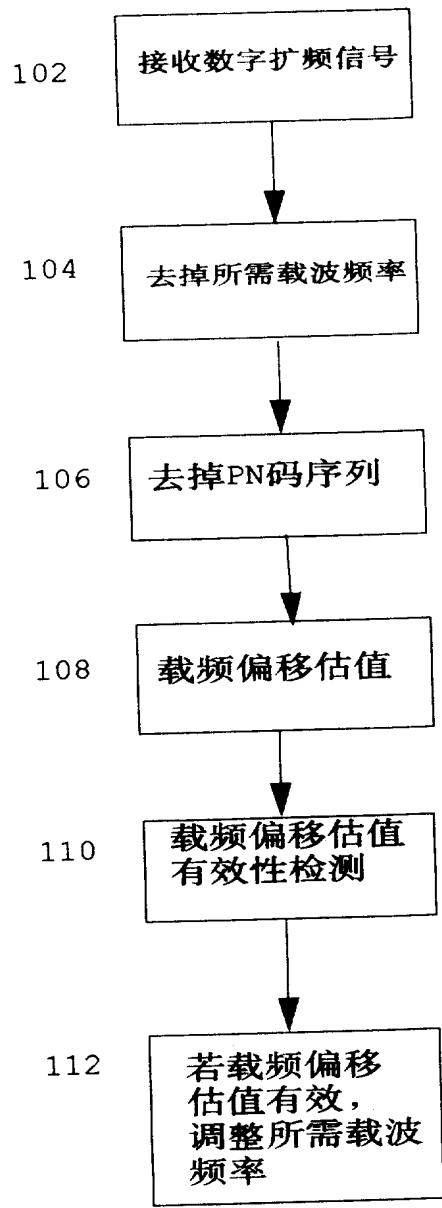


图 3

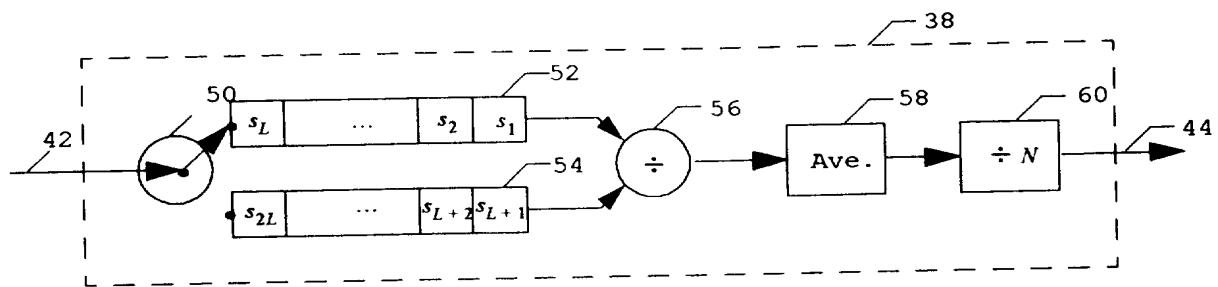


图 5

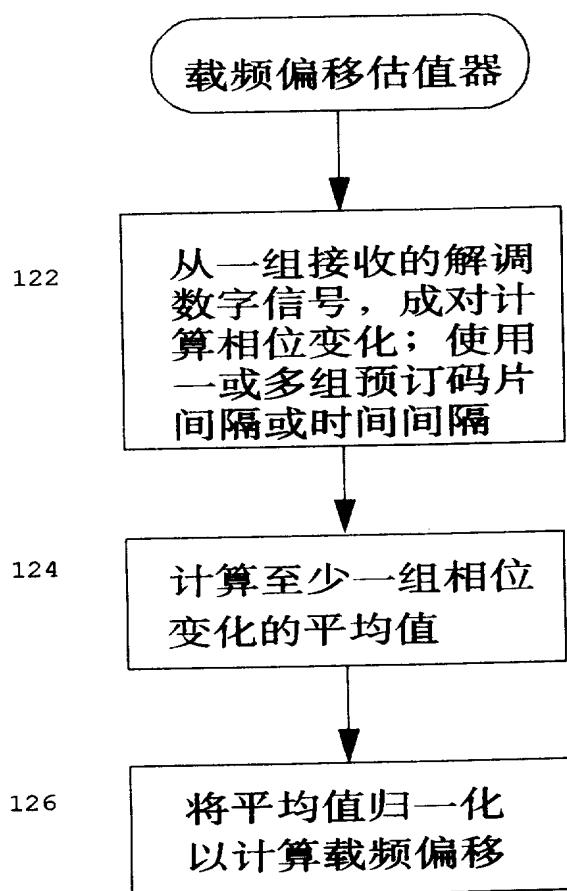


图 4